

**PENGUJIAN KEKUATAN MEKANIK  
PADA SUPPORT PERANGKAT SUMBER PEMANAS**

Oleh

Dedy Haryanto, Histori

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir-BATAN

**ABSTRAK**

**PENGUJIAN KEKUATAN MEKANIK PADA SUPPORT PERANGKAT SUMBER PEMANAS.**

Pengujian *support* perangkat sumber pemanas Bundel Uji Simulasi Eksperimen Temperatur Tinggi menggunakan *software* Catia versi 5 Release 19 perlu dilakukan untuk mengetahui kelayakan penyangga (*support*) dalam menanggung beban sehingga tidak mengalami kerusakan mekanik dan tidak membahayakan ketika perangkat sumber pemanas dioperasikan. Data rancangan *support* dengan material Carbon Steel AISI 1040 meliputi *young's modulus* 210 GPa, *density* 7850 kg/m<sup>3</sup>, *yield strength* 353,4 MPa dan *poisson ratio* 0,3 serta besar beban yang mesti ditanggung oleh *support* sebesar 125 Newton seberat perangkat sumber pemanas yang ditopang oleh setiap *support* digunakan sebagai data masukan dalam pengujian dengan Catia versi 5 Release 19. Hasil yang didapatkan dari pengujian *von mises stress* terbesar adalah 5,5x10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup> serta *translational displacement* terbesar adalah 0,000869 mm mengarah keluar dialami oleh *support* perangkat sumber pemanas akibat dari pembebanan. Dengan mengacu dari pengujian tersebut dapat dikatakan bahwa *von mises stress* dan *translational displacement* yang terjadi pada *support* perangkat sumber pemanas tidak mengakibatkan kerusakan mekanik dan tidak memberikan efek yang membahayakan ketika fasilitas perangkat sumber pemanas dioperasikan karena *von mises stress* terbesar lebih kecil daripada *yield strength* dari bahan yang digunakan.

Kata kunci : Kekuatan mekanik, *Support*, Sumber pemanas

**ABSTRACT**

**TESTING OF MECHANICAL STRENGTH AT SUPPORT OF HEATER.** *Testing of support heater on the Bundle of High Temperature Experiments Simulation Testing by using Catia version of 5 Release 19 was done to know the flexibility of support of the load of heater, so that the mechanical damage and endanger effect during operation can be avoided. Data design support of Carbon Steel AISI 1040 covering covering young's modulus of 210 GPa, density 7850 kg/m<sup>3</sup>, yield strength 353.4 MPa and poisson ratio 0.3 and also payload which must supported by support equal to 125 N which is supported by the supports are the input data of CATIA version 5 Release 19. Result of the test showed that the von mises stress of 5.5x10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup> and also translational displacement is the biggest equal to 0.000869 mm and toward out by support heater effected by loading. By reference from the test can be stated that von mises stress and translational displacement happened at support heater do not result mechanical damage and don't give effect endangering when facility heater is operated because the biggest stress is smaller than yield strength from the applied material.*

*Key words : Mechanical Strength, Support, Heater*

**PENDAHULUAN**

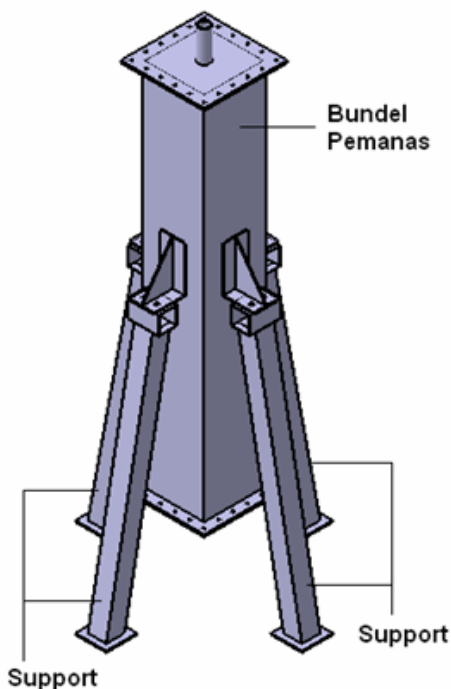
Pengembangan teknologi, reaktor temperatur tinggi berpendingin gas mulai mendapatkan perhatian. Reaktor bertipe ini menawarkan berbagai keunggulan dibandingkan dengan reaktor bertipe PWR ataupun BWR. Di samping menawarkan aspek keselamatan yang lebih tinggi, reaktor bertipe ini juga memungkinkan penggunaan panas untuk proses industri misalnya untuk pencairan

batubara. Reaktor seperti ini sangat cocok untuk dapat dikembangkan di Indonesia khususnya di daerah Kalimantan. Dalam rangka mengikuti perkembangan teknologi inilah, maka perlu untuk melakukan penelitian dan pengembangan berbasis reaktor temperatur tinggi berpendingin gas. Hingga kini, BATAN praktis belum mempunyai fasilitas litbang untuk reaktor temperatur tinggi. Maka dikembangkan Untai Uji Reaktor Temperatur

Tinggi (UURTT) yang merupakan suatu simulator instalasi reaktor temperatur tinggi berpendingin gas dimana energy panas simulator ini berasal dari energi listrik. Dengan adanya UURTT ini, berbagai pengujian dalam kondisi aliran gas Helium dengan temperatur hingga 1000°C dapat dilakukan dengan menambah komponen bagian uji pada instalasi tersebut.

Perangkat sumber pemanas merupakan salah satu komponen dari UURTT yang kemudian dinamakan Bundel Uji Simulasi Eksperimen Temperatur Tinggi mempunyai kemampuan pemanasan hingga temperatur 750°C pada tegangan listrik 160 Volt dari tegangan maksimum 220Volt (72,73%)<sup>[1]</sup>.

Untuk mengoperasikan fasilitas penelitian perangkat sumber pemanas tersebut diperlukan suatu penyangga (*support*) sehingga posisinya menjadi stabil. *Support* dibuat dari pipa besi segi empat (*Square Hollow Section*) dengan dimensi 50x50 mm tebal 1,6 mm seperti terlihat pada Gambar 1 dibawah ini.



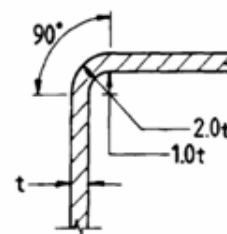
Gambar 1. Fasilitas penelitian perangkat sumber pemanas

Beban total yang harus ditanggung oleh *support* adalah berat perangkat sumber pemanas sebesar 500 N sehingga beban tiap *support* sebesar 125 N. Sebagian besar bagian dari perangkat sumber pemanas terbuat dari material *stainless steel*. Desain *support* harus benar-benar kokoh sehingga dapat menjaga keselamatan bagi personil yang sedang melakukan penelitian dengan menggunakan fasilitas tersebut, untuk itu maka perlu dilakukan pengujian terhadap kekuatan mekanik *support* perangkat sumber pemanas.

Makalah ini membahas tentang pengujian kekuatan mekanik pada desain *support* perangkat sumber pemanas yang dilakukan dengan menggunakan *software* Catia Versi 5 Release 19, dari pengujian tersebut dapat diketahui hasil pengujian berupa *von mises stress* dan *translational displacement* pada *support* akibat pembebanan oleh perangkat sumber pemanas. Disamping pengujian, pembuatan gambar rancangan dilakukan juga dengan menggunakan *software* Catia versi 5 Release 19<sup>[2]</sup>.

## TEORI

*Square Hollow Section* (SHS) merupakan pipa besi dengan penampang berbentuk persegi mempunyai berbagai dimensi, dan sebagian dimensinya seperti terlihat pada Gambar 2 dan Table 1 dibawah ini<sup>[3]</sup>.



Gambar 2. Penampang *Square Hollow Section* untuk ketebalan kurang dari 3mm

Tabel 1. Dimension and properties Square Hollow Section

	<b>DIMENSIONS AND PROPERTIES</b> <b>DuraGal SQUARE HOLLOW SECTIONS: GRADE</b> <b>C450L0</b> <b>Standard Thickness</b>	
---	--	---

DIMENSIONS AND RATIOS					PROPERTIES									
Designation		Mass per m	External Surface Area		$\frac{b-2t}{t}$	Gross Section Area	About x-, y- and n-axis						Torsion Constant	Torsion Modulus
d	b		t	per m			per ft	$A_g$	$I_x$	$I_y$	$I_n$	$S_x$		
mm	mm	mm	kg/m	m <sup>2</sup> /m		mm <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	mm	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>
50 x 50 x	5.0 SHS	6.39	0.179	27.9	8.00	814	0.257	10.3	8.51	13.2	17.8	0.469	16.3	
	4.0 SHS	5.35	0.183	34.2	10.5	681	0.229	9.15	7.33	11.4	18.3	0.403	14.3	
	3.0 SHS	4.25	0.190	44.7	14.7	541	0.195	7.79	5.92	9.39	19.0	0.321	11.8	
	2.5 SHS	3.60	0.191	53.1	18.0	459	0.169	6.78	5.09	8.07	19.2	0.275	10.2	
	2.0 SHS	2.93	0.193	65.8	23.0	374	0.141	5.66	4.20	6.66	19.5	0.226	8.51	
	1.6 SHS	2.38	0.195	81.7	29.3	303	0.117	4.68	3.44	5.46	19.6	0.185	7.03	
40 x 40 x	4.0 SHS	4.09	0.143	34.9	8.00	521	0.105	5.26	4.36	6.74	14.2	0.192	8.33	
	3.0 SHS	3.30	0.150	45.3	11.3	421	0.0932	4.66	3.61	5.72	14.9	0.158	7.07	
	2.5 SHS	2.82	0.151	53.7	14.0	359	0.0822	4.11	3.13	4.97	15.1	0.136	6.21	
	2.0 SHS	2.31	0.153	66.4	18.0	294	0.0694	3.47	2.61	4.13	15.4	0.113	5.23	
	1.6 SHS	1.88	0.155	82.3	23.0	239	0.0579	2.90	2.15	3.41	15.6	0.0927	4.36	
	35 x 35 x	3.0 SHS	2.83	0.130	45.8	9.67	361	0.0595	3.40	2.67	4.23	12.8	0.102	5.18
2.5 SHS		2.42	0.131	54.2	12.0	309	0.0529	3.02	2.33	3.69	13.1	0.0889	4.58	
2.0 SHS		1.99	0.133	66.8	15.5	254	0.0451	2.58	1.95	3.09	13.3	0.0741	3.89	
1.6 SHS		1.63	0.135	82.7	19.9	207	0.0379	2.16	1.62	2.57	13.5	0.0611	3.26	
30 x 30 x	2.0 SHS	1.68	0.113	67.4	13.0	214	0.0273	1.81	1.39	2.21	11.3	0.0454	2.75	
	1.6 SHS	1.38	0.115	83.3	16.8	175	0.0231	1.54	1.16	1.84	11.5	0.0377	2.32	
25 x 25 x	2.5 SHS	1.64	0.0914	55.7	8.00	209	0.0169	1.35	1.08	1.71	8.99	0.0297	2.07	
	2.0 SHS	1.36	0.0931	68.3	10.5	174	0.0148	1.19	0.926	1.47	9.24	0.0253	1.80	
	1.6 SHS	1.12	0.0945	84.1	13.6	143	0.0128	1.02	0.780	1.24	9.44	0.0212	1.54	
20 x 20 x	1.6 SHS	0.873	0.0745	85.4	10.5	111	0.00608	0.608	0.474	0.751	7.39	0.0103	0.924	

Support perangkat sumber pemanas menggunakan pipa besi segi-empat (*Square Hollow Section*) dimensi 50x50x1,6 mm dengan material *Carbon Steel* AISI 1040 dengan data sebagai berikut <sup>[4]</sup> :

– *Compositions* : C 0,37 – 0,44 %, Mn 0,60 – 0,90 %, P 0,04 % (maksimum), S 0,05 % (maksimum)

– *Mechanical properties*:

Density (x 1000 kg/m <sup>3</sup> )	: 7,845
Poisson's Ratio	: 0,27 – 0,30
Elastic Modulus (GPa)	: 190 – 210
Tensile Strength (MPa)	: 518,8
Yield Strength (MPa)	: 353,4
Elongation (%)	: 30,2
Reduction in Area (%)	: 57,2
Hardness (HB)	: 149

Impact Strength (J) : 44,3

Thermal Expansion (10<sup>-6</sup>/ C) : 13,6

Electric Resistivity (10<sup>-9</sup> Wm) : 171

Pemilihan pipa besi segi-empat (*Square Hollow Section*) sebagai Pemilihan pipa besi segi empat sebagai *support* perangkat sumber pemanas dikarenakan pipa tersebut banyak tersedia dipasaran sehingga mudah untuk diadakan dan diperkirakan cukup kuat untuk menopang perangkat sumber pemanas. Untuk mengetahui kekuatan mekanik pipa besi segi empat tersebut serta efek terhadap pembebanan terhadap pipa maka dapat dilakukan pengujian.

Pengujian kekuatan mekanik *support* perangkat sumber pemanas diawali dengan melengkapi data sebagai masukan yang diperlukan untuk pengujian dengan menggunakan *software* Catia Versi 5

Release 19. Data yang diperlukan sebagai data masukan untuk pengujian adalah ; jenis material beserta sifat-sifatnya meliputi *young's modulus*, *density*, *thermal expansion* dan *yield strength* serta *poisson ratio*. Setelah dilakukan pengujian dengan data masukan tersebut maka dapat diketahui *von mises stress* dan *translational displacement* pada *support* tersebut, sehingga mengacu hasil pengujian tersebut dapat diketahui kondisi *support* akibat pembebanan yang harus ditanggung oleh *support* tersebut.

#### TATA KERJA

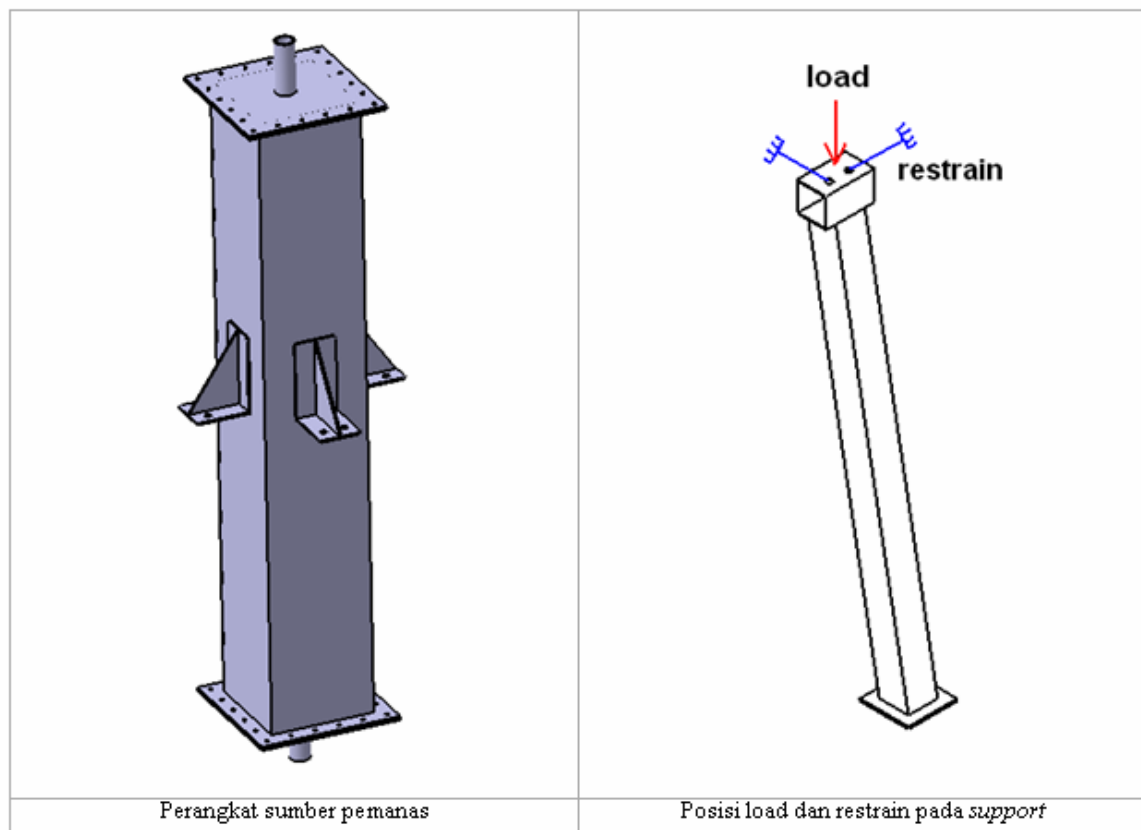
Pengujian kekuatan mekanik *support* perangkat sumber pemanas diawali dengan mendata tentang sifat mekanik material *Carbon Steel AISI 1040* sesuai dengan material digunakan pada *support* tersebut. Data mekanik tersebut merupakan data masukan untuk dilakukan pengujian menggunakan *software* *Catia* Versi 5 Release 19,

selain data tersebut diatas dibutuhkan juga data beban yang dikenakan pada *support*, dimana beban sebesar 500 N yang akan ditanggung oleh ke-4 *support* perangkat sumber pemanas, beban tersebut merupakan berat dari perangkat sumber pemanas seperti terlihat pada gambar 2, terbuat dari material *stainless steel 316*.

Pengujian dilakukan pada salah satu *support*, sehingga data beban (*load*) yang dimasukkan sebesar 12,5 kg (125 N) merata pada bagian permukaan *support* dengan arah kebawah (*z* negatif). *Restrain* terletak pada lubang baut pengikat perangkat sumber pemanas dengan *support* sedangkan bagian bawah *support* bebas dari *restrain* sehingga bebas bergerak. Penempatan *load* dan *restrain* pada pengujian *support* sesuai dengan kondisi sebenarnya.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain *support* Perangkat sumber pemanas menggunakan material *Carbon Steel AISI 1040*

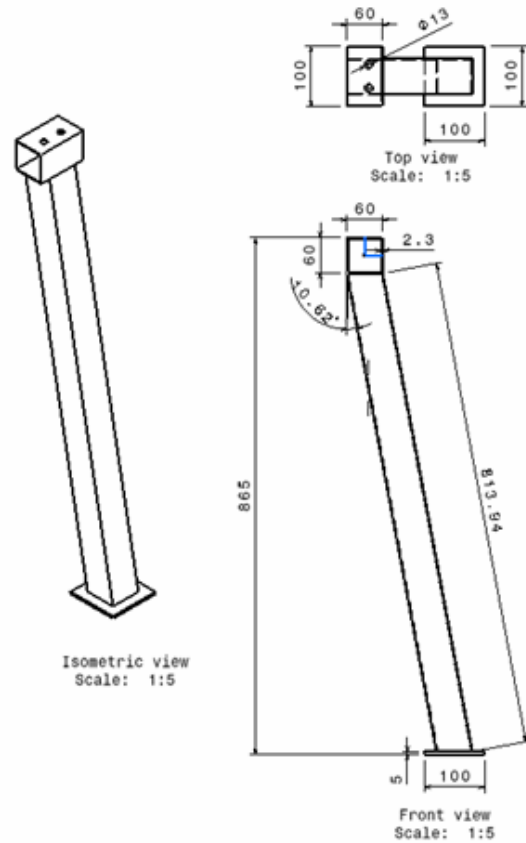


Gambar 2. Perangkat sumber pemanas dan *support*

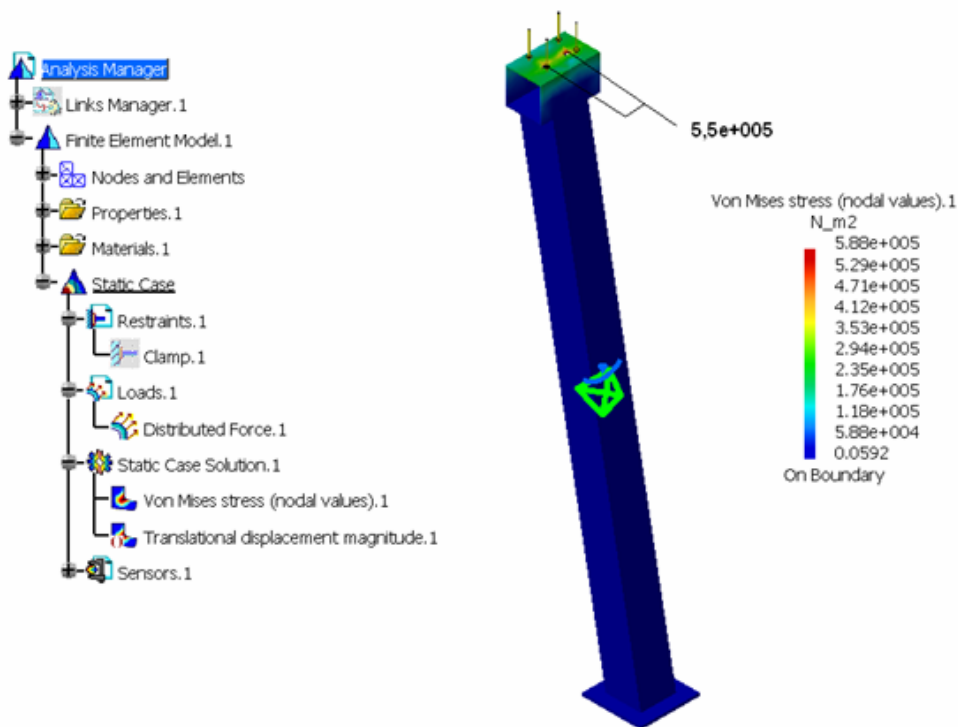
mempunyai *young's modulus* 210 GPa, *density* 7850 kg/m<sup>3</sup>, *yield strength* 353,4 MPa dan *poisson ratio* 0,3. Beban yang mesti ditanggung oleh sebuah *support* sebesar 125 N kearah. Desain *support* perangkat sumber pemanas seperti pada Gambar 3.

**Hasil pengujian *von mises stress* pada *support* Perangkat sumber pemanas**

Tegangan (*stress*) yang akan diuji adalah *von mises stress* yang merupakan kombinasi semua tegangan (*stress*) dalam segala arah pada titik tertentu. Pengujian untuk mengetahui *von mises stress* yang terjadi pada desain *support* perangkat sumber pemanas menggunakan *software Catia Versi 5 Release 19*, dari hasil pengujian diperoleh *von mises stress* terbesar terjadi pada bagian lubang murbaut pengikat *support* dengan perangkat sumber pemanas sebesar 5,5x10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup> seperti terlihat pada Gambar 4 dibawah ini. *Von mises stress* sebesar



Gambar 3. Desain *support* perangkat sumber pemanas



Gambar 4. Pengujian *von mises stress* pada *support* Perangkat sumber pemanas

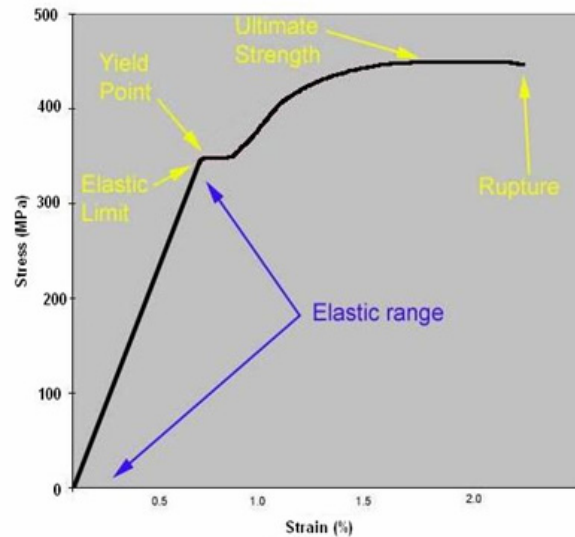
$5,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  yang terjadi pada *support* tidak mengakibatkan kerusakan mekanik karena besaran *von mises stress* yang diperoleh masih lebih kecil dari *yield strength* bahan yang digunakan.

#### Hasil pengujian *translational displacement* pada *support* Perangkat sumber pemanas

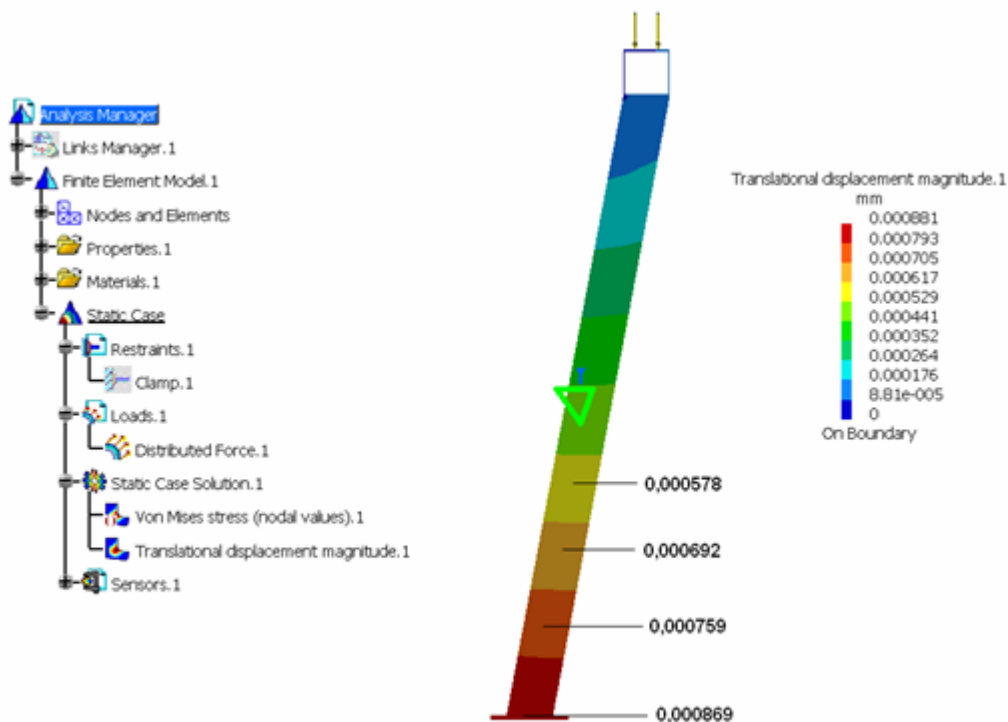
Hasil pengujian untuk mengetahui *translational displacement* yang terjadi pada *support* perangkat sumber pemanas menggunakan *software Catia Versi 5 Release 19*, memperoleh hasil bahwa *translational displacement* terbesar adalah  $0,000869 \text{ mm}$ , *translational displacement* terbesar tersebut terjadi pada bagian bawah *support* seperti terlihat pada Gambar 5. Besaran *translational displacement* tersebut masih relatif kecil dan tidak mengakibatkan perubahan bentuk pada *support* sehingga tidak memberikan pengaruh yang berarti pada *support* perangkat sumber pemanas.

Mengacu dari hasil pengujian stress yang timbul pada *support* sebesar  $5,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  akibat pembebanan sangat kecil dibandingkan dengan

*yield strength* material *support* sebesar  $353,4 \text{ MPa}$  ( $3,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ ). Stress pada *support* sebesar  $5,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  masih berada pada daerah elastis material AISI 1040 sehingga jika beban diadukan *support* akan kembali ke bentuk semula seperti terlihat pada grafik Gambar 6. Dengan demikian stress yang timbul pada *support* tidak memberikan efek yang berarti.



Gambar 6. Grafik Stress- strain material AISI 1040



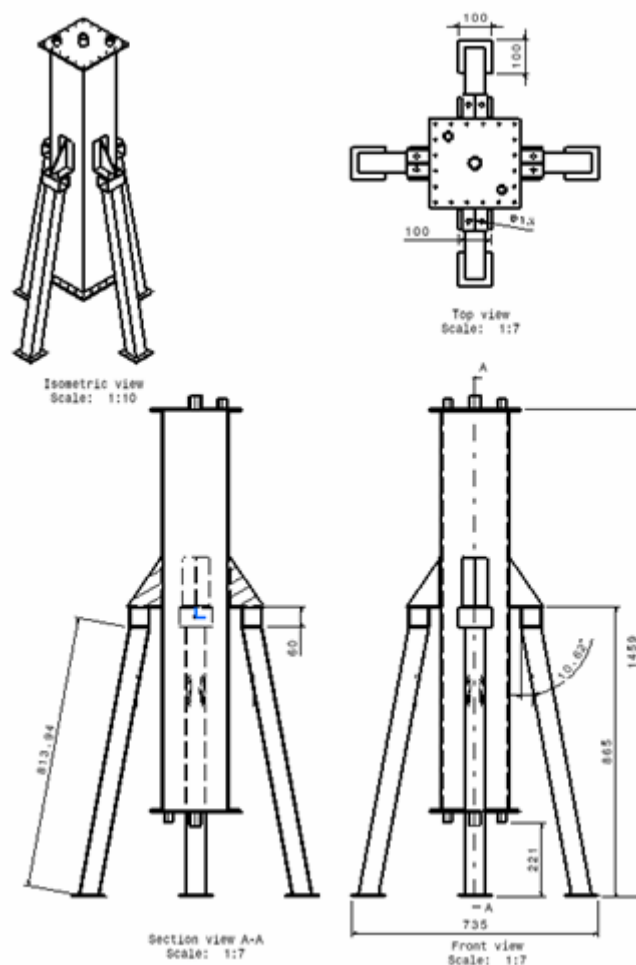
Gambar 5. Pengujian *translational displacement* pada *support* perangkat sumber pemanas

Sedangkan *translational displacement* pada *support* sebesar 0,000869 mm mengarah keluar mengakibatkan penurunan posisi perangkat sumber pemanas. Penurunan posisi perangkat sumber pemanas sangat kecil tetapi perlu diperhatikan saat pemasangan pipa instalasi, dimana pipa instalasi pada bagian bawah harus mempunyai jarak terhadap lantai. Hal tersebut untuk mengantisipasi penurunan posisi bundel yang dapat mengakibatkan *support* menjadi tidak berfungsi dengan benar. Penggunaan keempat *support* pada fasilitas perangkat sumber pemanas mampu untuk menanggung beban sebesar 500 N yang merupakan berat dari perangkat tersebut seperti terlihat pada Gambar 7 dibawah ini. *Von mises stress* dan *translational displacement* yang terjadi pada

*support* perangkat sumber pemanas tidak mengakibatkan kerusakan mekanik dan tidak memberikan efek yang membahayakan ketika fasilitas perangkat sumber pemanas dioperasikan.

## KESIMPULAN

Pengujian *support* perangkat sumber pemanas menggunakan pipa segiempat bermaterial *Carbon Steel* AISI 1040 dengan *young's modulus* 210 GPa, *density* 7850 kg/m<sup>3</sup>, *yield strength* 3,5x10<sup>8</sup> N/m<sup>2</sup> dan *poisson ratio* 0,3 serta besar beban yang mesti ditanggung oleh tiap *support* tersebut sebesar 125 N seberat perangkat sumber pemanas yang ditopang oleh *support* menggunakan *software* Catia Versi 5 Release 19 menghasilkan *von mises stress* terbesar 5,5x10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup> serta *translational displacement*



Gambar 7. Desain Perangkat sumber pemanas

terbesar 0,000869 mm mengarah keluar. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa *von mises stress* dan *translational displacement* yang terjadi pada *support* perangkat sumber pemanas relatif kecil sehingga tidak mengakibatkan kerusakan mekanik serta tidak membahayakan bagi operator ketika fasilitas tersebut dioperasikan.

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kasubbid Termohidrolika beserta staff yang telah memberikan dukungan untuk kegiatan pengujian ini, serta kepada Bapak Ismu Handoyo yang telah memberikan saran-saran dalam hal desain *support*.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Bidang Operasi dan Fasilitas (BOFA), “Pengembangan Fasilitas Pendukung Eksperimen Teknologi Reaktor, Rancang Bangun Perangkat Sumber Pemanas Untuk Simulasi Untai Uji Reaktor Temperatur Tinggi”, Laporan Teknis PTRKN-BATAN, 2010
2. Agus Fikri ROSJADI, *Barbagi Ilmu Untuk Kemajuan Bangsa* - <http://agus-fikri.blogspot.com>
3. *Dimension and Properties of Square Hollow Section*, [http://www.onesteel.co./images/db\\_images/productspecc](http://www.onesteel.co./images/db_images/productspecc)